

新しい透明半導体の物質設計

Materials Design for Novel Transparent Semiconductor

東工大元素センター&研究院 細野 秀雄

Tokyo Tech. MCRES & IIR

E-mail: hosono@mces.titech.ac.jp

本講演では新しい透明半導体の物質設計について、講演者の研究グループによる以下の最近の成果を中心にについて述べる

(1) 前期周期遷移金属元素を用いたワイドギャップ両極性半導体¹⁾

これまでワイドギャップ酸化物半導体は、p-block 元素や d^{10} という電子配置をもつ後期遷移金属元素を用いて実現してきた。ここではこれまで報告されていない前期 TM を用いて物質設計を行い、ZrOS が両極性をしめすワイドギャップ半導体になることを示す。Cubic SrGeO_3 の導電体化に有効であった超縮退²⁾ というコンセプトが有効に機能した。

(2) 透明 p-型アモルファス半導体³⁾

透明 n 型のアモルファス半導体には、IGZO のように移動度が $>10\text{cm}^2/\text{Vs}$ の物質が数多く報告されてきたが、透明 p 型アモルファス半導体ではそれに匹敵する物質は筆者の知る限り未だ実現していない。そこで酸化物系から離れ、正孔が輸送される VBM の I.P.、軌道の空間的広がりなどから、ヨウ化物系に着目した。 $\text{CuI}+\text{SnI}_4$ を有機溶媒に溶かしてスピンドコーティング法でアモルファス層が容易に得られた。キャリア濃度を $10^{17}\text{-}10^{20}\text{cm}^{-3}$ になると、ホール移動度は $3\text{-}10\text{cm}^2/\text{Vs}$ と増大する。これによってこれまで開発した n 型 TAOS に匹敵する p 型 TAS が実現した。この結果、低温で特性の優れた透明 pn 接合も容易に形成できる。

(3) 有毒金属を含まない高効率青色発光体⁴⁾

鉛ハライド系ペロブスカイトは、量子効率が高いので LED 用の発光体として期待されているが、有毒である鉛イオン系であることが懸念されている。我々は $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$ 単結晶で発光の内部量子効率が 90%、溶液から作製した薄膜でも 60%以上の値が得られ、空気中でも安定であることを見出した。この結晶中では CuI_4 四面体が面を共有してダイマーとなっており、この周囲を Cs^+ イオンが囲んでいる。そのため、OD 的な閉じ込め効果もあり、励起子の結合エネルギーは $\sim 500\text{meV}$ もあることが実験から求めた。類似の系で黄色発光体も見出しており、両者の混合で白色蛍光も得られている。

¹⁾ T..Arai et al. J. Am. Chem. Soc., 139, 17175 (2017).

²⁾ H.Mizoguchi et al. Nature Commun. 2, 470 (2011), ³⁾ T.Jun et al. Adv. Mater., 30, 1804547 (2018),

⁴⁾ T.Jun et al. Adv. Matter., 30, 1706573.